

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Jayi wahyudianto melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Filler Mikro Partikel Karbon Tempurung Kelapa (Cmp-Cs) Terhadap Photo Makro Dan Kekuatan Tarik Komposit Polyester” Penelitian ini bertujuan untuk mendiskripsikan pengaruh mikro partikel karbon tempurung kelapa (CMP-CS) sebagai filler terhadap struktur material (photo makro) dan kekuatan tarik komposit polyester. Metode pembuatan komposit dengan cara press mold. Pembuatan komposit menggunakan variasi fraksi berat filler mikro partikel karbon (CMP-CS) 1%, 3% dan 6% dengan resin polyester dengan tipe Yukalac 157 BQTN-EX. Pencampuran mikro partikel karbon dengan resin menggunakan metode pengadukan dengan kecepatan putaran 2200 rpm selama 7 menit. Pembuatan spesimen uji tarik menggunakan standar uji tarik ASTM D 638-01. Sebelum dilakukan uji tarik, dilakukan photo makro untuk mengetahui susunan partikel karbon dalam komposit. Dari hasil photo makro didapatkan nilai jarak dan diameter mikro partikel karbon. Jarak rata-rata pada spesimen komposit dengan filler mikro partikel karbon (FK) 1% sebesar 45 μm , FK 3% sebesar 38,9 μm dan FK 6% sebesar 30,6 μm . Semakin tinggi fraksi berat karbon maka semakin rendah jarak partikel karbon. Diameter partikel karbon yang terukur yaitu berukuran 8,48 μm sampai 29,42 μm . Hasil uji tarik didapatkan nilai kekuatan tarik (yield) rata-rata pada spesimen Raw Material sebesar 25,37 N/mm², FK1% sebesar 27,34 N/mm², FK3% sebesar 27,44 N/mm² dan FK6% sebesar 28,44 N/mm². Sedangkan nilai regangan tarik (yield) rata-rata pada spesimen Raw Material sebesar 0,73 %, FK1% sebesar 0,87 %, FK3% sebesar 0,93 % dan FK6% sebesar 0,94 %. Dari hasil pembahasan hasil pengujian maka dapat disimpulkan bahwa penambahan filler mikro partikel karbon mampu meningkatkan kekuatan tarik dan regangan tarik komposit polyester.

Wahyu Tri Mulyanto melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Berat Filler Black Karbon Aktif Kulit Bambu Terhadap Struktur Dan

Kekuatan Tarik Komposit Polyester” Penelitian ini bertujuan untuk mendiskripsikan pengaruh mikro karbon aktif kulit bambu sebagai filler terhadap sifat mekanik dan fisis komposit polyester. Pembuatan komposit menggunakan variasi fraksi berat filler mikro karbon aktif 0,05 gram, 0,1 gram, 0,15 gram, 0,46 gram, dan 0,92 gram dengan resin polyester Yukalac 157 BQTN – EX. Pencampuran partikel karbon dengan resin menggunakan pengadukan dengan kecepatan putaran maksimum 2200 rpm selama 15 menit. Pembuatan spesimen uji tarik menggunakan standar uji tarik ASTM D 638-01. Sebelum dilakukan uji tarik, spesimen difoto makro untuk mengetahui susunan partikel karbon dalam komposit. Hasil foto makro didapatkan nilai rata - rata jarak dan diameter partikel karbon. Didapat jarak partikel pada spesimen KA 0,05 gram sebesar 17,50 μm , KA 0,1 gram sebesar 16,05 μm , KA 0,15 gram sebesar 15,68 μm , KA 0,46 gram sebesar 15,44 μm , dan KA 0,92 gram sebesar 14,82 μm Hasil uji tarik didapatkan kekuatan tarik (yield) tertinggi pada spesimen 0,05 gram sebesar 30,65 N/mm². Sedangkan nilai regangan maksimum tertinggi pada spesimen KA 0,05 gram sebesar 1,57 %, Pada saat proses pertambahan panjang terjadi pengecilan penampang pada area gauge, kemudian menyebabkan Kekuatan Tarik dan Regangan Tarik meningkat seiring berkurangnya jumlah filler karbon dalam komposit. Kemudian foto SEM (Scanning Electrone Microscope) dilakukan setelah uji tarik spesimen, ini dikarenakan objek SEM adalah bagian patahan pada spesimen uji tarik untuk mengetahui struktur material pada patahannya, analisis SEM menggunakan perbesaran 1500x. Berdasarkan hasil foto SEM, bisa diamati nilai dari fraksi volume karbon. Didapatkan nilai rata-rata fraksi volume karbon aktif untuk fraksi berat 0,05 gram sebesar 14,74 %, fraksi berat 0,1 gram sebesar 16,85 %, fraksi berat 0,15 gram sebesar 17,94 %, fraksi berat 0,46 gram sebesar 20,5 %, dan fraksi berat 0,92 gram sebesar 27,01 % . , semakin besar fraksi berat maka bertambah pula nilai fraksi volumenya. Morfologi komposit dengan filler karbon aktif menunjukkan partikel karbon saling mengikat satu sama lain sehingga mengarah ke pembentukan serat. Hasil tersebut paling jelas terlihat pada fraksi berat 0,92 gram.

Fredy Gustina Putra melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Berat Filler Karbon Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Struktur Dan Kekuatan

Tarik Komposit” Penelitian ini bertujuan untuk mendiskripsikan pengaruh mikro karbon aktif tempurung kelapa sebagai filler terhadap sifat mekanik dan fisis komposit polyester. Komposisi komposit terdiri atas fraksi berat. Pembuatan komposit menggunakan variasi fraksi berat filler mikro karbon aktif 1%, 3% dan 6% dengan resin polyester Yukalac 157 BQTN – EX. Pencampuran partikel karbon dengan resin menggunakan metode pengadukan dengan kecepatan putaran maksimum 2200 rpm selama 10 menit. Pembuatan spesimen uji tarik menggunakan standar uji tarik ASTM D 638-01. Sebelum dilakukan uji tarik, spesimen difoto makro untuk mengetahui susunan partikel karbon dalam komposit. Hasil foto makro didapatkan nilai rata - rata jarak dan diameter partikel karbon. Didapat jarak pada spesimen KA 1% sebesar 53,32 μm , KA 3% sebesar 39,21 μm dan KA 6% sebesar 33,78 μm . Semakin tinggi fraksi berat karbon maka semakin rapat jarak partikel karbon yang didapat. Diameter partikel karbon berukuran 12,65 μm sampai 26,27 μm . Hasil uji tarik didapatkan kekuatan tarik (yield) tertinggi pada spesimen raw material sebesar 34,19 N/mm² , KA 1% sebesar 33,31 N/mm² , KA 3% sebesar 29,41 N/mm² dan KA 6% sebesar 28,4 N/mm² . Sedangkan nilai regangan maksimal rata-rata pada spesimen Raw Material sebesar 0,95 % , KA 1% sebesar 1,24 % , KA 3% sebesar 1,13 % dan KA 6% sebesar 1,19 % . Kekuatan tarik (yield) mengalami penurunan sedangkan regangan tarik maksimum (ultimate) mengalami peningkatan dari komposit raw material. Meskipun kekuatan tarik komposit karbon aktif lebih rendah dari komposit polyester tetapi mikro partikel karbon aktif dapat meningkatkan pertambahan panjang pada komposit.

2.2 Media Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorf yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif bersifat hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air. Karbon aktif diperoleh dengan proses aktivasi, proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon aktif. Karbon aktif bisa dibuat dari berbagai macam bahan, selama bahan tersebut mengandung unsur karbon seperti batubara, tempurung kelapa, kayu, bonggol jagung, sekam

padi, tulang sapi, kulit biji kopi, dan lain-lain. Pemilihan bahan dasar untuk dijadikan karbon aktif harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu unsur anorganik yang rendah, ketersediaan bahan (tidak mahal dan mudah didapat), memiliki daya tahan yang baik, dan mudah untuk diaktivasi (Marsh and Francisco, 2006).

2.2.1 Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah dan terletak dibagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 3-6mm. Tempurung kelapa yang memiliki kualitas yang baik yaitu tempurung kelapa tua dan kering ditunjukkan dengan warna gelap kecoklatan. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dan kadar selulosa lebih rendah dengan kadar air sekitar 69%. Secara kimiawi tempurung kelapa memiliki komposisi yang sama dengan kayu yaitu tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa (Maryono dkk., 2013). Komposisi kimia tempurung kelapa dapat dilihat di Tabel 2.1.

Tabel 2.1 : Komposisi kimia tempurung kelapa (Maryono, dkk, 2013)

| Komposisi | Presentase% |
|------------|-------------|
| Lignin | 36,51 |
| Hemiselusa | 19,21 |
| Selulosa | 33,61 |

Tempurung kelapa di Indonesia produksinya sangat melimpah dan dianggap sebagai masalah lingkungan. tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif dimana karbon aktif dari tempurung kelapa mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Selain itu juga industri pembuatan arang aktif di Indonesia telah mengalami kemajuan yang cukup pesat. Hal ini disebabkan meningkatnya permintaan pasar. Peningkatan permintaan pasar ini disebabkan banyaknya manfaat dari karbon aktif sebagai adsorben logam-logam berat seperti merkuri, fenol dan lain-lain (Tilman, 1981).

2.2.2 Bonggol Jagung

Bonggol jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang sangat potensial dimanfaatkan untuk dijadikan arang aktif, karena limbah tersebut sangat banyak dan terbuang percuma. Limbah ini dapat ditingkatkan nilai ekonominya bila diolah, juga dapat mengurangi potensi pencemaran lingkungan. Selama ini masyarakat cenderung memanfaatkan limbah bonggol jagung hanya sebagai bahan pakan ternak, bahan bakar atau terbuang percuma. Untuk menghindari hal ini perlu adanya pemanfaatan limbah bonggol jagung tersebut, salah satunya yaitu sebagai bahan baku arang aktif. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah bonggol jagung tersebut ialah diolah menjadi arang aktif yang selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben. Kandungan senyawa berkarbon, yaitu selulosa (41%) dan hemiselulosa (36%) yang cukup tinggi mengindikasikan bahwa bonggol jagung berpotensi sebagai bahan pembuat arang aktif (Lorenz & Kulp, 1991). Komposisi kandungan bonggol jagung dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 : Komposisi kimia bonggol jagung (Lorenz & Kulp, 1991)

| Komponen | Presentase% |
|--------------|-------------|
| Air | 9,6 |
| Abu | 1,5 |
| Hemiselulosa | 36,0 |
| Selulosa | 41,0 |
| Lignin | 6,0 |
| Pektin | 3,0 |
| Pati | 0,014 |

2.3 Komposit

Komposit merupakan perpaduan dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi suatu material yang baru dan memiliki

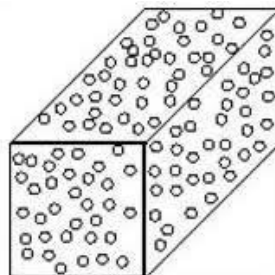
properties lebih baik dari keduanya. Komposit menjadi bahan alternatif pengganti bahan logam, hal ini disebabkan sifat dari komposit serat yang kuat dan mempunyai berat yang lebih ringan dibandingkan logam. (Fahmi H, 2011). Karakteristik komposit sangat kuat dipengaruhi oleh penyusunnya, distribusinya dan interaksinya. Lebih spesifik, juga dipengaruhi oleh geometri dari penguatnya, dimana geometri itu merupakan bentuk, ukuran dan distribusi ukurannya. Semua hal ini kemudian dikembangkan untuk menaikkan karakteristik mekaniknya seperti kekuatan, kekakuan, ketangguhan, peforma terhadap panas dan lainnya. (Sirait, 2010)

Keuntungan dari penggunaan komposit sendiri adalah bobotnya yang ringan serta mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik, biaya produksi lebih murah, umur pemakaian yang lama dan tahan terhadap korosi. Hal demikian harus diperhatikan karena pada komposit yang diperkuat agar dapat membentuk produk yang efektif, disamping itu juga harus ada ikatan permukaan yang lebih kuat antara komponen penguat dan matriks. (Djaprie, 1991:592)

Menurut bentuk dan penyusunnya material komposit dapat dibedakan menjadi lima jenis, yaitu :

1. Komposit Partikel (*particulate composite*)

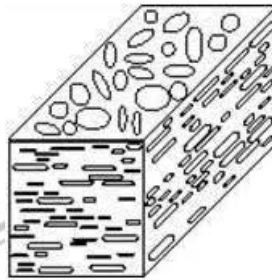
Komposit partikel merupakan material komposit yang bahan penguatnya berbentuk partikel atau butiran. Misal bulat, serpih atau balok, serta bentuk lainnya yang memiliki panjang sumbu hampir sama, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang dibenamkan dalam suatu matriks dari material yang berbeda.



Gambar 2. 1 : Komposit Partikel (Lumintang S, 2011)

2. Komposit Serpih (*flake*)

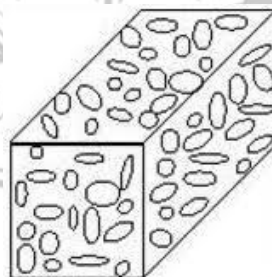
Komposit ini pada umumnya menggunakan bahan penguat yang di distribusikan ke dalam matriks, sehingga komposit yang dihasilkan cenderung lebih bersifat *isotropis* dari pada *anisotropis*.



Gambar 2. 2 : Komposit Partikel Serpih (Flake) (Lumintang S, 2011)

3. Komposit Skeltal (*filled*)

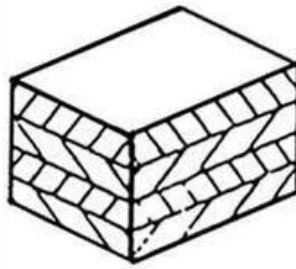
Komposit skeltal adalah komposit yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat. Di dalam komposit skeltal biasanya diberi tambahan material atau *filler* ke dalam matriknya dengan struktur tiga dimensi.



Gambar 2. 3 : Komposit Skeltal (Filled) (Lumintang S, 2011)

4. Komposit Laminar

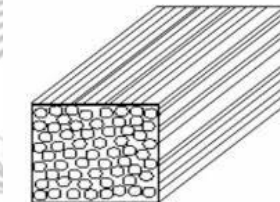
Komposit laminar merupakan jenis komposit yang tersusun atas dua atau lebih lamina/lapisan. Komposit serat lamina ini adalah yang paling banyak digunakan dalam lingkup teknologi otomotif maupun industri.



Gambar 2. 4 : Komposit Laminar (Lumintang S, 2011)

5. Komposit Serat (*fibrous composite*)

Pada umumnya serat jauh lebih kuat dan kaku dibanding matriknya, sifat dan kandungan seratnya akan sangat menentukan sifat komposit yang dihasilkan. Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matrik sebagai bahan pengikat, pengisi volume dan pelindung serat-serat untuk mendistribusikan gaya atau beban antara serat-serat.



Gambar 2. 5 : Komposit Serat (*fibrous composite*)(Lumintang S, 2011)

Dalam penelitian yang akan saya lakukan, bentuk dan penyusunnya yang digunakan adalah bahan komposit serat (*fiber composite*), komposit serat memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih baik. Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan, oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* dan *whisker*). Penggunaan

bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat.

2.3.1 Bahan Penguat (*Reinforcement*)

Salah satu bagian utama dari komposit adalah penguat, yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Bahan penguat yang paling sering dipakai adalah serat glass. Sebagai bahan baku serat, umumnya dipakai non-alkali (glass tipe E). Serat glass ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi, kira-kira 1000 Kali lebih kuat dari kawat baja (90 kgf/mm^2) (Aris, 2015). Serat karbon (serat grafit) dibuat dari serat akrilik disinter dan digrafitkan. Serat ini kekuatannya lebih rendah dari pada serat gelas, tetapi tidak dapat diabaikan, sedangkan modulus elastiknya baik sekali. Massa jenisnya kira-kira 1,8-1,9 lebih rendah dari serat gelas.

Penguat yang digunakan pada polimer, baik termoplastik maupun thermoseting pada umumnya dalam bentuk serat (*fiber*), benang (*filament*) dan butiran. Perbandingan antara resin dan penguat merupakan faktor penting untuk menentukan sifat struktur komposit. Tetapi tidak lebih dari setengah (50%) dari resin, karena akan menyebabkan kurangnya kerekatan polyester.

Material serat (*fiber*) berfungsi untuk memberikan kekuatan pada material matriks dengan cara memindahkan gaya dari beban yang dikenakan dari matriks yang lebih lemah pada fiber yang lebih kuat. Tegangan dapat menjalar sepanjang ikatan serat atau matriks yang mampu ditingkatkan dengan jalan penentuan ukuran, ikatan dan penggunaan zat yang khusus. (Djaprie, 1991) Serat yang dipakai sebagai penguat ada dua macam yaitu:

- a. Serat kimia atau serat buatan, terdiri dari:
 1. Serat regenerasi: Rayon viscus (Rayon), Rayon biasa, Serat Polimosik dan Rayon Kuprommonium.
 2. Serat semi sintetik: Selulosa, Asetat dan Serat Protein.
 3. Serat sintetik: Poliamind (nilon), Polivinil Alkohol (vinilon), Poliviniliden Klorida (viniliden), Polyester, dan Polietilen Polipropilen.

4. Serat anorganik: Serat gelas dan Serat Karbon.
- b. Serat alam, terdiri dari:
 1. Serat binatang: Wol dan Sutra.
 2. Serat galian: Asbes.
 3. Serat tumbuhan: Kapas, Flaks, Rami, Daun Nanas, Jut, Pisang (*Musa Paradisica*), Bambu (*Giganto Cola*), Pinang-Pinangan (*Coripha Clata*), Pandan (*Pandanus Tectorius*), dan lain-lain.

Untuk bahan penguat material komposit yang akan saya gunakan yaitu serat dari limbah titanium bekas pembubutan, pemanfaatan limbah titanium bekas pemmesinan sebagai bahan material sangat penting agar tidak hanya dibuang begitu saja namun bisa dimanfaatkan lagi sebagai bahan/material yang diinginkan. Serat limbah titanium bekas pembubutan adalah salah satu jenis serat yang berasal dari bekas pemmesinan bubut yang dihasilkan dari sisa atau limbah pemmesinan.

2.3.2 Martiks (Resin)

Secara umum resin adalah bahan yang diperkuat serat, resin bersifat cair dengan viskositas yang rendah, yang akan mengeras setelah terjadinya proses polymerisasi. Resin berfungsi sebagai pengikat antara serat yang satu dengan serat yang lainnya sehingga menghasilkan ikatan yang kuat terbentuk material komposit yang padu, yaitu material yang memiliki kekuatan pengikat yang tinggi. (Gibson RF, 1994)

Bahan komposit mempunyai sifat-sifat yang berbeda dengan sebagian besar material konvensional yang telah dikenal selama ini. Sebagian material konvensional bersifat homogen. Bahan homogen berarti bersifat sama di semua tempat dalam hal ini massa jenis serat alam lebih rendah dibanding massa jenis sintesis (serat buatan).

Adapun resin yang umum dipakai yaitu:

1. *Resin Thermosetting*

Resin ini pada umumnya mempunyai reaksi kimia dua tingkat dengan rantai molekul yang panjang. Reaksi dua tingkat ini terjadi selama proses pembentukan dengan bantuan panas dan tekanan. Hasil dari pada proses

ini akan mengeras setelah didinginkan dan memiliki struktur jaringan tertutup. Material tidak bisa menjadi lunak kembali bila dilakukan pemanasan ulang walaupun diatas temperatur pembentuknya. Pemanasan yang tinggi justru akan membentuk bahan terurai.

Resin yang tergolong jenis ini adalah:

❖ Phenolik

Dalam satu ilmu kimia phenolik dikenal sebagai *Poly Phenol*

Formaldehyde yaitu suatu zat hasil kondensasi Phenol dan Aldehyde Formaldehyde. Bentuk material sangat keras dan kaku dengan modulus elastis yang baik dibanding dengan resin lainnya. Seluruh jenis *reinforcement* dapat dipadukan dengan phenolik namun pada umumnya resin dipakai dalam industri *polywood* karena sifatnya yang keras, kuat, mudah dibentuk, mudah diberi warna serat, tidak transparan dan mempunyai kestabilan dimensi yang baik. Diperoleh dari hasil kondensasi *ephylchlor hydrin* dengan senyawa hidroksin.

Sifatnya ulet, elastis, dan tidak bereaksi dengan sebagian besar bahan kimia dan mempunyai dimensi yang lebih stabil.

❖ Silikon

Silikon biasanya digunakan sebagai matrik untuk jenis komposit dengan tujuan tertentu, silikon merupakan material khusus yang mempunyai ketahanan panas hingga suhu 316°C . Hal ini dikarenakan silikon mempunyai ikatan antara atom silikon dan oksigen tanpa terdapat rantai karbon. Ini yang menjadikan silikon mempunyai nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan jenis resin yang lain.

❖ Polyester

Polyester berasal dari reaksi kimia asam dibasa yang bereaksi secara kondensasi dengan alkohol dihidrat. Karena asam tak jenuh digunakan dengan berbagai cara sebagai bagian dari asam dibasa, yang menyebabkan terdapat ikatan tak jenuh dalam rantai utama dalam dari polimer yang dihasilkan, maka disebut polyester tak jenuh.

Sifat polyester sendiri adalah kaku dan rapuh. Mengenai sifat thermalnya, karena banyak mengandung monomer stiren, maka suhu deformasi thermalnya lebih rendah dari pada resin thermoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya berkisar $\pm 110-140^{\circ}\text{C}$. Sifat listriknya lebih baik diantara resin thermoset, tetapi diperlukan penghilangan lembaban yang cukup pada saat pencampuran dengan glass. Mengenai ketahanan kimianya, pada umumnya kuat terhadap asam. Bila dimasukkan kedalam air mendidih untuk waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut, yang melarutkan polimer stiren. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik, tahan terhadap kelembaban dan sinar U.V bila dibiarkan diluar ruangan. Polyester adalah jenis resin yang paling banyak digunakan sebagai matrik pada Fiber Glass untuk badan kapal, mobil, tandon air dan sebagainya (Surdia T. 1989). Pengesatan thermal digunakan *Benzoil peroksida* (BPO) sebagai katalis. Temperatur optimal adalah $135^{\circ}\text{C} - 155^{\circ}\text{C}$, namun kebanyakan pengesatan dingin yang digunakan. (Surdia T, 1989)

Tabel 2. 3 : Spesifikasi Resin Polyester Yukalac 157 BQTN-EX (Nurmaulita, 2010)

| Item | Satuan | Nilai Tipikal | Catatan |
|-----------------------------|--------------------|---------------|----------------------|
| Massa Jenis | g/cm^3 | 1,21 | 25°C |
| Kekerasan | - | 40 | Barcol/GYZJ 934-1 |
| Suhu distorsi Panas | $^{\circ}\text{C}$ | 70 | |
| Penyerapan air (suhu ruang) | % | 0,188 | 24 jam |
| | % | 0,466 | 7 hari |
| Kekuatan Flexural | Kg/mm^2 | 9,4 | |
| Modulus Flexural | Kg/mm^2 | 300 | |
| Daya Rentang | Kg/mm^2 | 5,5 | |
| Modulus Rentang | Kg/mm^2 | 300 | |

Untuk resin (matriks) yang akan saya gunakan yaitu resin polyester karena mempunyai ketahanan kimia yang baik, pada umumnya kuat terhadap asam dan tahan terhadap panas yang cukup baik. Resin ini berupa cairan dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan

katalis tanpa menghasilkan waktu pengerasan seperti banyak resin termoset lainnya.

2.4 Proses Produksi Material Komposit

Proses pengerasan dari resin adalah efek hasil keseimbangan reaksi antara katalis, akselerator serta inhibitor. Resin mengeras dengan penambahan katalis sehingga reaksi ikatan polymerisasi terjadi biasanya resin telah dicampur dengan inhibitor yang secara radikal terjebak. Saat katalis ditambahkan, inhibitor inilah yang bereaksi sebelum terjadi polymerisasi, pada saat tersebut memberikan waktu bagi resin untuk berkombinasi dengan penguat dan menempati ruang untuk mengeras sebelum polymerisasi terjadi. Kebanyakan katalis peroksida berkomposisi agak lambat saat ditambahkan pada resin. Untuk mendapatkan pengerasan yang cepat, akselerator ditambahkan sehingga mempercepat katalis untuk berkomposisi. (Derek H, 1981)

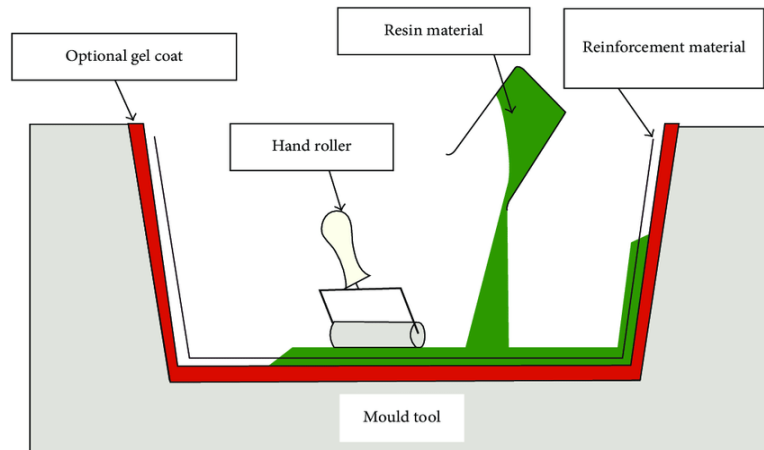
2.4.1 Proses Hand Lay-Up

Proses fabrikasi dari material komposit banyak macamnya, proses hand lay-up ini adalah proses yang sangat sederhana. Caranya adalah cairan resin yang telah diberikan katalis dan kemudian meletakkan diatas penguat (fibre) yang telah diletakkan pada cetakan. Cara ini dipakai dalam pembuatan spesimen pada penelitian ini, tetapi dengan memberikan tambahan material lain sebagai bahan pengisi (*filler*) untuk mendapatkan sifat mekanis yang berbeda. Proses hand lay-up juga dipilih karena sesuai untuk pembuatan komposit dengan dimensi standart benda uji, dengan urutan prosesnya sebagai berikut:

1. Pembuatan cetakan benda uji.
2. Mengoleskan gelcoat pada permukaan cetakan.
3. Setelah gelcoat mengering, mulai mengoleskan lapisan resin pertama.
4. Meletakkan penguat, tekan pada resin serta membuang udara yang terjebak dengan menggunakan roller.
5. Mengulangi langkah 3 dan 4 sampai ketebalan yang diinginkan.
6. Menunggu sampai mengering total.

7. Melepas benda uji dari cetakan dan merapikan.

Proses curing merupakan proses pengerasan atau polymerisasi dari matriks resin untuk membentuk ikatan yang permanen antara serat dan lamina.



Gambar 2. 6 : Proses Hand Lay-Up

2.4.2 Sheet Moulding Compound (SMC)

SMC merupakan proses yang hampir sama dengan proses tertutup, karena menggunakan peralatan yang cukup kompleks. Biasanya digunakan dalam industri otomotif dengan control yang baik. Proses ini menggunakan system *automatic countinuous-flow* yang terdiri dari beberapa roller yang membawa bahan penguat dan bahan pengikat, sedangkan roller yang lain menghaluskan lamina yang terbentuk. Proses ini dapat menimbulkan panas hingga 300°F (130°C) dan tekanan sebesar 1000psi.

Dalam penelitian yang akan saya lakukan, yaitu proses lay-up dengan cairan resin yang telah diberikan katalis dan kemudian meletakkan diatas penguat (fibre) yang telah diletakkan pada cetakan. Proses hand lay-up juga dipilih karena sesuai untuk pembuatan komposit dengan dimensi standart benda uji.

2.5 Bahan Tambahan Penyusun Komposit

Selain bahan pengikat dan bahan penguat, material komposit juga tersusun dari beberapa bahan tambahan lainnya. Bahan tambahan tersebut memiliki berbagai fungsi sesuai dengan jenisnya yaitu:

1) Aditif

Berupa bahan tambahan yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan proses atau untuk mengubah kualitas dan sifat produk dengan menambahkan bahan tersebut pada bahan pokok yaitu polymer (resin). Bahan aditif yang biasa dipakai adalah :

a. Pewarna atau *Pigmen*

Disamping untuk memberikan nilai estetis yang tinggi dengan mewarnai hasil produk yang berfungsi untuk melindungi dari pengaruh sinar karena mampu menyerap dan memantulkan jenis sinar tertentu.

b. Pengisi atau *Filler*

Filler merupakan material padat yang ditambahkan pada polymer dan biasanya dalam bentuk partikel atau serat untuk mengubah sifat-sifat mekaniknya atau untuk mengurangi harga material. Alasan yang lain dalam penggunaan filler adalah untuk memperbaiki stabilitas bentuk dan panas. Contoh pengisi yang digunakan dalam polymer yaitu : serat selulosik dan bedak (powder), bedak silica dan kalsium karbonat.

2) Katalis (Hardener)

Adalah bahan yang memungkinkan terjadinya proses curing, yaitu proses pengerasan terhadap resin. Hardener ini terdiri dari dua bahan yaitu katalisator dan accelerator. Katalisator dan accelerator akan menimbulkan panas, pengaruh panas ini diperlukan untuk mempercepat proses pengeringan sehingga bahan menjadi kuat. Namun apabila panasnya terlalu tinggi maka akan merusak ikatan antar molekul dan juga akan merusak seratnya.

a. Katalisator

Katalisator adalah bahan yang mempercepat terbukanya ikatan rangkap molekul polimer kemudian akan terjadi pengikatan antar molekul-molekulnya.

b. Accelerator

Accelerator adalah bahan yang mempercepat terjadinya ikatan-ikatan yang diantara molekul yang sudah mempunyai ikatan tunggal dan untuk mempercepat proses pengerasan.

Bahan tambahan utama adalah katalis (*hardener*). Katalis merupakan zat *curing* (mengeraskan cairan resin) bagi sistem perekat. Pengeras bergabung secara kimia dengan bahan rekatannya. Pengeras berupa *monomer*, *polimer* atau senyawa campuran. Katalis juga dipergunakan sebagai zat *curing* bagi resin termoset, mempersingkat waktu *curing* dan meningkatkan waktu silang polimernya. Semakin banyak katalis, reaksi *curing* akan semakin cepat. Tetapi kelemahan katalis akan menimbulkan panas yang tinggi pada saat *curing* sehingga akan merusak produk yang dibuat. Produk tersebut dapat menjadi bahan komposit getas/ rapuh. Dengan demikian, pemberian katalis dibatasi berkisar 1% - 2% dari berat resin. (Aris, 2015)

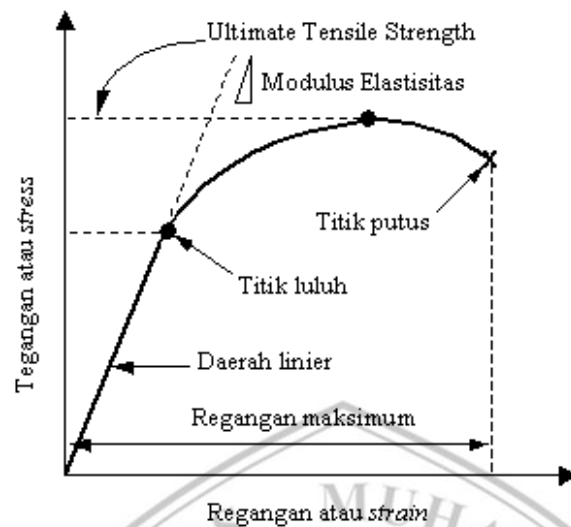
Katalis yang digunakan dalam penelitian ini memiliki senyawa *MEKPO* yaitu senyawa *Metyl Etyl Keton Peroksida* yang berfungsi untuk memudahkan saat pelepasan komposit dari cetakan.

2.6 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat dasar dari bahan. Hubungan tegangan-regangan pada tarikan memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada laju tegangan, temperatur, lembaban, dan seterusnya. Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam.

Kemampuan maksimum bahan dalam menahan beban disebut "*Ultimate Tensile Strength*" disingkat dengan UTS. Untuk semua bahan, pada tahap sangat awal uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear*

zone. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke, yaitu rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan.

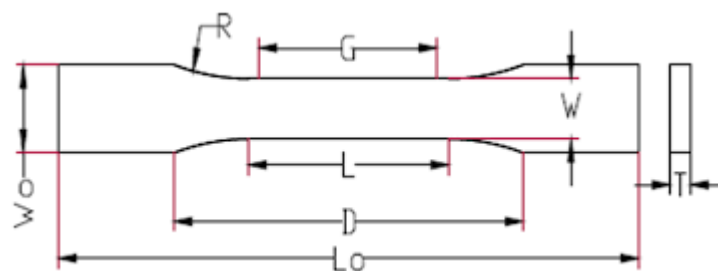


Gambar 2. 7 : Kurva Tegangan dan regangan(Achmad Dhofir. 2012)

Kurva pada Gambar 2.7 menunjukkan bahwa, bila sebuah bahan diberibeban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya hampir kembali ke kondisi semula) yaitu regangan nol pada titik O. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan tersebut. Terdapat konvensi batas regangan permamen (permanent strain) sehingga disebut perubahan elastis yaitu kurang 0.03%, tetapi sebagian referensi menyebutkan 0.005%.

Titik Luluh atau batas proporsional merupakan titik dimana suatu bahan apabila diberi suatu beban memasuki fase peralihan deformasi elastis ke plastis, yaitu titik sampai di mana penerapan hukum Hooke masih bisa ditolerir. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.

Bentuk sampel uji secara umum digambarkan seperti Gambar 2.8 berikut:



Gambar 2. 8 : Uji Tarik ASTM D 638-84 M1(Saefudin, 2014)

Hubungan kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = F/A$$

Dimana:

$$\sigma = \text{Engineering stress (Nm}^{-2}\text{)}$$

F = Gaya yang diaplikasikan

A = Luas penampang

Hubungan perpanjangan tarik dapat menggunakan persamaan seperti dibawah ini:

$$\varepsilon = \Delta l / l$$

Dimana:

$$\varepsilon = \text{Engineering strain}$$

l = Panjang spesimen mula-mula (m)

Δl = Pertambahan panjang (m)

Hubungan antara *stress* dan *strain* dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

Di mana:

E = Modulus elastisitas atau *modulus young* (Nm⁻²)

σ = *Engineering stress* (Nm⁻²)

ε = *Engineering strain*

2.7 Teori Lapisan Tersusun

Teori Lapisan Tersusun dapat dijelaskan sebagai bentuk usaha untuk memperoleh material baru yang mempunyai sifat mekanik lebih baik. Dengan cara menyusun lamina-lamina menjadi laminate. Lamina adalah susunan matriks dan reinforcement dalam satu lapis. Proses pembentukan lamina menjadi laminate dinamakan laminasi. (Hull D, 1981)

2.7.1 Continous Fiber Laminate

Laminate tipe ini mempunyai lamina penyusun dengan serat yang tidak terputus hingga mencapai ujung batas lamina. Berikut terdapat beberapa jenis lamina yaitu:

❖ *Unidirectional Laminate*

Adalah bentuk laminate dengan tiap-tiap lamina mempunyai arah serat penyusun yang sama (sejajar). Selain itu pada *Unidirectional Laminate* dapat dibuat bahan dengan arah serat yang berbeda.

❖ *Cross-Plied Quasi Isotropic*

Mempunyai susunan serat yang paling tegak lurus satu sama lain antar lamina. Lamina pertama memiliki 0° , lamina kedua membentuk sudut 90° dan lamina ketiga membentuk sudut 0° demikian seterusnya.

❖ *In-Plane Random*

Serat penguat ini disebarkan secara acak (random) pada setiap lamina. Serat ini memiliki panjang hingga mencapai ujung batas lamina (tidak terputus).

Dalam penelitian yang akan saya lakukan yaitu menggunakan *Continous Unidirectional Lamina* yang dibuat dengan serat yang tidak terputus hingga mencapai ujung batas lamina dengan arah serat yang berbeda-beda. Komposit ini mempunyai serat panjang dan lurus, membentuk lamina diatara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarnakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.

2.7.2 Discontinuous Fiber Laminate

Berbeda dengan jenis sebelumnya maka laminate ini pada masing-masing lamina terdiri dari potongan serat yang terputus (Discontinuous). Jenis-jenis dari *discontinuous fiber laminate* adalah:

a. Short-Aligned Fiber

Jenis ini mempunyai penguat berupa potongan serat gelas yang disusun merata dalam arah tertentu, sesuai keperluan pada tiap lamina.

b. Inplane Random Fiber

Seperti pada *Continuous Fiber Laminate* jenis ini mempunyai penguat berupa potongan serat disebarkan secara acak pada tiap lamina, namun serat-serat tersebut berbentuk pendek ujung-ujungnya tidak mencapai batas tepi fiberglass.

2.8 Kegagalan Komposit

Suatu struktur dianggap gagal apabila struktur tersebut tidak dapat berfungsi lagi dengan sempurna. Pada sebuah struktur pembebanan yang kecil mungkin hanya berakibat terjadinya deformasi yang kecil, namun pada struktur yang lain sudah mengakibatkan kegagalan. Hal tersebut terjadi karena perbedaan sifat mekanik tiap-tiap bahan pada komposit yang terdiri dari dua komponen utama kegagalan bisa dimulai dari salah satu komponen atau keduanya. (Hull D, 1981)

Kegagalan yang dapat terjadi yaitu:

1. Kepatahan pada serat (*Fiber Breaking*).
2. Lepasnya serat dari matrik (*Fiber Pull-Out atau Debonding*).
3. Retak mikro pada matrik (*Matrik Mikrocracking*).
4. Terlepasnya lamina dari laminate (*delamination*).